

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
INSTITUT DOPRAVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Linka na ošetřování a údržbu vstupních lopatek motoru CMF – 56
Care and Maintenance of the CMF – 56 – Engine Fan Blades Service Line

Student:

Martin Ivan

Vedoucí bakalářské práce:

Petr Kolarczyk

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh
vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl
jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě :.....

.....

Plné jméno studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

ANOTACE BAKALAŘSKÉ PRÁCE

IVAN, M. Linka na ošetřování a údržbu lopatek motoru CMF-56. Ostrava: Ústav letecké dopravy, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, Bakalářská práce, Vedoucí: Kolarczyk, P.

Bakalářské práce se zabývá návrhem linky pro zprostředkování údržby k ošetření dmychadlových lopatek motoru CMF - 56.

Úvod se zabývá celkovým cílem práce navrhnout ekonomičtější postup při údržbě lopatek motoru CMF – 56. V první kapitole je uveden dosavadní postup jak je s lopatkami nakládáno, dále pak je navržen podrobný rozpis prací a návrh jednotlivých pracovišť které jsou potřeba pro vykonání co nejekonomičtější a nejefektivnější práce spojené s tou to problematikou. V příloze jsou uvedeny výkresy jednotlivých navrhovaných součástí.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

IVAN, M. Care and Maintenance of the CMF – 56 – Engine Fan Blades Service Line Ostrava: Institute of Transport (342) Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava 2009

The bachelor thesis dwells on designing an assembly line managing maintenance of CMF – 56 engine and its fan blades treatment.

Introduction describes the general purpose of this work, which is to design more economical procedure in servicing fan blades of the CMF-56 engine. The first chapter states the actual procedure of fan blades treatment. After that a detailed workout scheme is described as well as a individual working places design needed to achieve the most economical and effective process associated with this issue. Attached are drawings of constituent designed elements.

OBSAH

1. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A TERMÍNŮ	7
1. ÚVOD	8
2. SEZNÁMENÍ S LETOUNEM A MOTOREM	10
2.1. Letoun Boeing 737 Next Generation	10
2.2. Motor	11
2.3. Dmychadlo – dvouproudový motor	12
3. HISTORIE LETIŠTĚ LEOŠE JANÁČKA A SEZNÁMENÍ S FIRMOU JOB-AIR	13
4. OBJASNĚNÍ STÁVAJÍCÍCH TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ ÚDRŽBY LOPATEK	15
4.1. Servisní intervaly	15
4.2. Demontáž z motoru	15
4.2.1. Vytvoření seznamu	17
4.3. Manipulace mimo motor	18
4.3.1. Kontrola	18
4.3.2. Mytí	19
4.3.3. Stříkání zámků	19
4.3.4. Použité prostředky	20
4.3.5. Uskladnění	21
4.4. Montáž zpět na motor	21
5. NÁVRH LINKY PRO ÚDRŽBU LOPATEK – UMÍSTĚNÍ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ A PROSTOROVÝ NÁVRH.	22
5.1. Uspořádání pracoviště	23
5.2. Zařízení pro umístění jednotlivých demontovaných částí	24
5.3. Zařízení pro mytí lopatek.	26
5.4. Zařízení pro údržbu, ošetření a kontrolu lopatek.	27
5.5. Zařízení pro stříkání zámků lopatek	32
5.6. Posloupnost provádění prací	34

6. UMÍSTĚNÍ PRACOVÍŠTĚ V SERVISNÍM CENTRU JOB AIR - CEAM A.S.	35
7. ZÁVĚR A ZHODNOCENÍ PRÁCE	35
8. PODĚKOVÁNÍ	35
9. POUŽITÁ LITERATURA A WEBOVÉ ADRESY	36

1. Seznam použitých zkratk a termínů

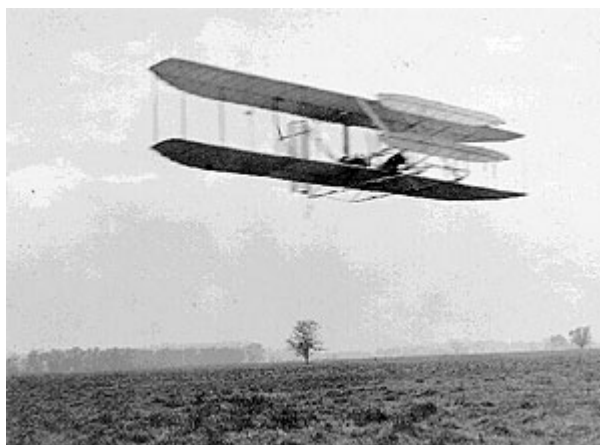
- | | |
|-----------------------|--|
| • flight cycle | letový cyklus - jako jeden cyklus se považuje start a přistání |
| • fig. nebo-li figure | anglický název pro obrázek |
| • elastomer spacers | vymezovací vložka (z elastomeru) |
| • Platform | díl dmyhadla mezi lopatkami |
| • Shim | vymezovací vložka mezi lopatkou a lopatkovým diskem |
| • Spacer | vymezovací vložka k upevnění lopatky |

1. Úvod

Zájem o létání je mezi lidmi odpradávná. Člověk se vždy zajímal o létání a vzlet ze země. Kolem roku 400 před Kristem objevili Číňané draka, předmět, který mohl létat ve vzduchu. Postavili mnoho barevných draků pro obveselení, zábavu a dekoraci. Rafinovanější draci byli konstruováni pro zkoumání povětrnostních podmínek. Draci byli velmi důležitým faktorem pro vynález létání, protože byli předchůdci horkovzdušných balónů a kluzáků.

Mnoho století po objevení létacích draků zkoušeli lidé létat přesně jako ptáci. Konstruovali křídla vyrobená z peří a lehkého dřeva a připevňovali si je na ruce, nicméně výsledky byly katastrofální. Svaly lidské paže nejsou jako ptačí a nemůžou se hýbat s takovou silou. Kolem roku 1480 udělal Leonardo da Vinci první reálnou studii letu. Navrhl ornitopteru a měl na 100 kreseb ilustrujících jeho teorie letu. Ornitoptera nebyla nikdy postavena, ale hrála důležitou roli při konstrukci dnešních moderních helikoptér.

Když člověk přišel na to, že horký vzduch stoupá vzhůru a studený vzduch klesá, zrodila se nová naděje pro létání. Dva bratři, Joseph Michel a Jacques Etienne Montgolfierové vynalezli první horkovzdušný balón. Použili kouř z ohně k naplnění hedvábného pytle horkým vzduchem. Hedvábný pytel byl připevněn ke koši a horký vzduch pak stoupal a dovolil balónu aby byl lehčí než vzduch. Prvními cestujícími, kteří vyzkoušeli balón byli ovce, kachna a kohout. Balón vystoupal do výšky přibližně 6000 stop a letěl asi 1 míle. Prvními pasažéry byli Jean-Francois Pilatre de Rozier and Francois Laurent. Kolem roku 1800 George Cayley velmi tvrdě pracoval studujíc způsoby jak by mohl člověk létat. Navrhnul mnoho různých verzí kluzáků, které k řízení využívaly pohyby těla. Svůj návrh vylepšoval v průběhu 50 let. Změnil křídla tak, aby přes ně vzduch proudil správně a také navrhnul ocas tak aby pomáhal se stabilitou. Poté přišel na to, že letadlo s pevnými křídly a pohonným systémem a ocasem pro stabilitu a řízení letadla budou nejlepší cestou, jak umožnit člověku létat. Otto Lilienthal, německý inženýr, který studoval aerodynamiku, byl prvním člověkem, jenž navrhnul kluzák, který byl schopen letu na dlouhé vzdálenosti. Napsal knihu o aerodynamice založenou na svých výzkumech a na způsobu letu ptáků. Bratři Wrightové použili jeho text jako základ pro své vlastní návrhy létajících strojů.



Obrázek 1

Samuel Langley, astronom, zkonstruoval model letadla s vlastním parním motorem. Tento model nazval aerodrome. Jeho model letěl tři čtvrtiny míle než mu došlo palivo. Dostal grant 50 000 dolarů, aby sestrojil aerodrom v plné velikosti, ale model 1:1 byl bohužel moc velký a rozbil se.

Wilbur a Orville Wrightové studovali všechny knihy o létání, které byly publikovány, a začali zkoumat všechny ranné teorie létání. Nakonec sestrojili letadlo “The Flyer” s motorem o výkonu 12 koních, který se vznesl z úrovně terénu na sever od Big Kill Devil Hill. Vynalezli první úspěšné letadlo, které mohlo překonat stodvacet stop za dvanáct vteřin.

Budoucí vývojové trendy letadel byly všechny založeny na těchto dvou prvních letech bratří Wrightů u Kitty Hawk. V roce 1976 ovládlo vzdušné cesty letadlo Concorde a překonalo Atlantický oceán za tři hodiny. V roce 1947 se stal Chuck Yeager prvním pilotem, který překonal rychlost zvuku.

Hlavním úkolem mé bakalářské práce je navrhnout prostor pro údržbu dmychadlových lopatek motoru konkrétně CFM56. Ve kterém se lopatky po demontáži budou vykonány úkony které jsou potřeba k jejich navrácení na letoun se samozřejmě s největší efektivností a rychlostí.

2. Seznámení s letounem a motorem

2.1. Letoun Boeing 737 Next Generation

Jméno nového modelu B737 NG nesou modely -600/700/800/900 jako nástupci klasické série -300/400/500. Je to americký letoun pro krátký a střední dolet. Od roku 1996 do února 2009 bylo vyprodukováno 2800 kusů tohoto modelu 737-NG.

Společnost Boeing pobízená tehdy moderním Airbusem A320 v roce 1991 oznámila zahájení vývoje aktualizace letadla 737. Po spolupráci s potencionálními zákazníky byl začátek programu 737NG oznámen 17. listopadu 1993. 737NG zahrnuje typy -600/700/800/900 a je doposud nejvýznamnější aktualizací draku letadla. Bylo upraveno křídlo, které zvětšilo svou plochu o 25% a rozpětí na 4.88m díky tomu se dosáhlo zvětšení palivových nádrží o 30%. Byly použity nové tišší a ekonomičtější tj. s nižší spotřebou motory CFM56-7B.

V rámci kabiny cestujících nový design 737NG zahrnuje předchozí styl 757-200 a 737CL a vybrané rysy interiéru 777.

První NG, které vyjelo, spatřilo světlo světa byla verze -700 a to 8. prosince 1996. Toto letadlo bylo postaveno jako 2843 kus modelu 737 poprvé vzletlo 9. února 1997.

Parametry	B737NG-600	B737NG-800
Výška	12.6m	12.5m
Rozpětí	35.7m	35.7m
Délka	31.2m	39.5m
Max. vzletová hmotnost	66000kg	79010kg
Prázdná hmotnost	36378kg	41413kg
Počet sedadel	132	189
motor	CFM56-7B20	CFM56-7B27
Max. výkon	91.6kN	121.4kN
Velikost nádrží	26020L	26020L
Dolet při plném naložení	5648km	5665km
Maximální rychlost	876km/h	876km/h

2.2. Motor

Rodina motorů CFM 56 (označovaného americkou armádou jako F108) jsou dvouproudové motory vyráběné firmou CFM International s hnací silou v rozsahu 82 až 151 kN. CFM International je firma skládající se ze dvou částí z 50 procent firmou Snecma ve Francii a z 50 procent GE Aviation v U.S.A. Obě společnosti mají velký podíl na výrobě různých komponentů. U GE je to například vysokotlaký kompresor, spalovací komora a vysokotlaká turbína a u Snecmy je to dmychadlo, nízkotlaká turbína, převodovka a výfukové ústrojí. CFM56 je jeden z nejrozšířenějších typů motorů ve světě protože jeho dlouhá historie sahá až do počátků s letadlem Boeing 737-300. Motory CFM 56 jsou s letadly B737 už přes 25 let a stále jsou dodávány do nejnovějších verzí letadel Boeing 737-900ER a 737-700ER a také se využívá jako varianta u rodiny letadel typu Airbus A320. CFM56 se montuje do letadel pro Krátký, střední a dlouhý dolet. Přišel na trh v roce 1982 a do dnešního dne se vyrobilo okolo 13000 motorů tohoto typu.



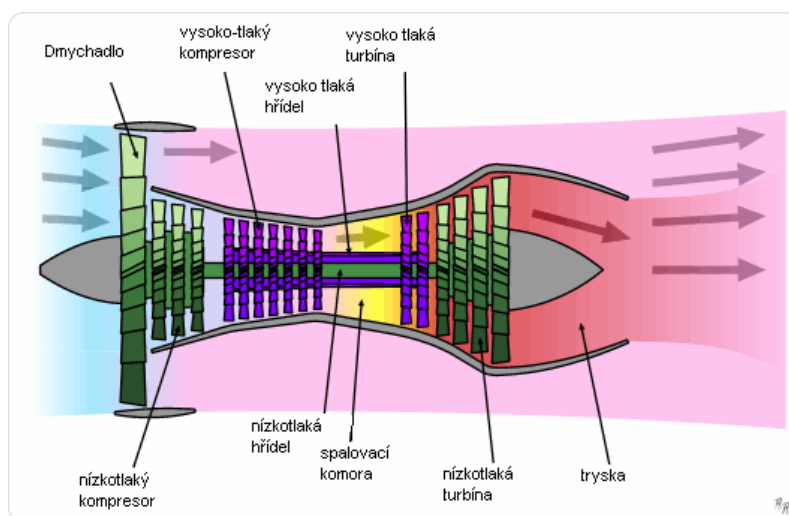
Obrázek 2
CFM 56-7B

2.3.Dmychadlo – dvouproudový motor

Dvouproudový motor nebo-li v doslovném překladu „turbofan engine“ turbodmychadlový motor vytváří celkový užitečný tah dvěma složkami.Jednu složku vytváří ta část vzduchu stlačeném v dmychadle a druhou potom expanze spalin , vycházejících z posledního stupě turbíny.

Dmychadlo je z pravidla jednostupňové, bez předstatoru. Lopatky dmychadla jsou velmi dlouhé 500až 1000mm a zpravidla bývají opatřené protivibračními opěrkami.v poslední době však byly vypracovány výpočtové programy, které řeší lopatku jak z aerodynamického hlediska tak i pevnostního hlediska a jimiž se podařilo zkonstruovat lopatku hladkou (bez antivibrační opěrky. Tímto řešením se zvýšila účinnost dmychadla až o 1.5%. na těchto konstrukcích se také podílejí nové technologie. Každá motorářská firma si vypracovala svou vlastní technologii výroby těchto unikátních lopatek. Firma Rols Royce vyráběla tyto lopatky ze dvou kusů titanového plechu mezi nimiž byla titanová voština.Vše bylo difusně svařeno v jeden celek. Nově vyvinutá technologie pro motory řady Trent opět difusně svařuje tři titanové plechy (dva tvoří lopatky, třetí tenký vytváří vnitřní strukturu).GE pro svůj motor vyvinula kompozitové dmychadlové lopatky které mají pouze náběžnou hranu titanovou. Průměrná váha současných dmychadlových lopatek činí 10 až 14kg.

Za dmychadlo se umísťují lopatky napřimující proud.Větší část vzduchu z dmychadla je vedena kole motoru do sekundární trysky, menší část vstupuje do nízkotlakého kompresoru. Motory je během certifikačních zkoušek testují na poškození cizím předmětem,zejména při průletu krupobitím,nebo hejnem ptáků.Při takovéto strážce není dovoleno aby nějaká část motoru opustila gondolu. To je zajištěno různými způsoby nejčastěji však bandážováním kevlarovou vrstvou.



Obrázek 3

3. Historie letiště Leoše Janáčka a seznámení s firmou Job-Air

Historie Letiště Leoše Janáčka Ostrava sahá až do prvního desetiletí minulého století. V tehdejší obci Harty žili bratři Josef a Vilém Žurovcové, regionální letečtí průkopníci, kteří zde v letech 1909–1914 prováděli své práce a pokusy. Místo, kde se nyní letiště nachází, bylo poprvé k leteckému provozu použito německou společností Luftwaffe, která po okupaci Československa v roce 1939 vybudovala polní letiště pro přípravu útoku na Polsko. V květnu 1945 je naopak používala první československá smíšená letecká divize. Následovalo období nečinnosti a půda byla vrácena svému původnímu účelu – zemědělské výrobě. Novodobá historie začala zahájením stavebních prací na současném letišti v roce 1956. Tehdy bylo určeno především potřebám armády. Oficiální zahájení civilního letového provozu je datováno 16. říjnem 1959, kdy byl současně přenesen veškerý provoz z již nevyhovujícího letiště Ostrava-Hrabůvka, nacházejícího se přímo v městské aglomeraci. Letový provoz zajišťovaný společností ČSA zahrnoval kromě vnitrostátní dopravy i nepravidelné zahraniční lety. Při nich se na půdě mošnovského letiště vystřídaly všechny typy dopravních letounů ČSA, ať již pístových nebo proudových. V 60. a 70. letech byl zaveden v té době dosti rozšířený provoz aerotaxi. V roce 1993 došlo k ukončení činnosti vojenské části letiště. V roce 2004 bylo letiště převedeno do vlastnictví Moravskoslezského kraje. Provozovatelem se stala společnost Letiště Ostrava, a.s.



Obrázek 4

Firma Job Air má tyto hlavní aktivity

- traťová údržba
- periodická údržba
- servis a údržba komponentů
- modifikace letounů
- programy proti stárnutí a korozi
- úpravy letounů v souladu s požadavky EASA na provozuschopnost a bezpečnost provozu
- velké opravy draku letounů
- přestavby letounů
- teoretický a praktický výcvik pozemního technického personálu na typy L410, SAAB 340
- vážení letounů

a její historie se vyvíjí od roku 1993 až do dnes zde jsou uvedeny nejdůležitější okamžiky společnosti

1993 – Založení společnosti

1994 – Schválená servisní organizace a regionální aerolinie, L410, Jetstream 31

1995 – Bae ATP, Saab 340

1999 – Schválená servisní organizace – JAR 145

2001 – Servisní výcviková organizace – JAR 147

2003 – Certifikovaný letecký dopravce – JAR OPS 1

2004 – Schválená údržbová organizace – EASA – PART 145

2005 – Schválená výcviková organizace – EASA - PART 147, Smlouva s firmou SAAB AIRCRAFT AB se sídlem Linköping-Švédsko na údržbu letounů SAAB 340 a SAAB 2000.

2006 – evropské servisní středisko, zahájení výstavby nového rozsáhlého leteckého servisního zařízení

2007 - Ukončení stavby

2008 - Zahájení provozu nového servisního střediska

V období 5.10.2008 - 15.10.2008 proběhla v servisním centru první revize letounu BOEING 737-800



Obrázek 5

4. Objasnění stávajících technologických postupů údržby lopatek

V současné době se v hangáru firmy JobAir vykonává údržba různých typů letadel u nichž z většiny převažují proudové motory. Jsou jimi například CFM56-7B který má dmychadlo složené z 24 lopatek o celkovém průměru 61in (1549,4mm) a umísťuje se do letadel Boeing 737-NG (Next Generation – další generace) jako další z rodiny CFM56 je tedy typ s označením CFM56-3 který je starší má dmychadlo složené z 38 lopatek a průměru 60in (1524mm). Tyto motory potřebují jakožto letadlo samotné údržbu. Stávající údržba je provedena systémem, který není příliš vhodný a není využita všechna dostupná zařízení k tomuto úkonu.

4.1. Servisní intervaly

Provádění údržby na letounu se provádí v různých časových intervalech. Záleží hlavně na tom jaká prohlídka a pro jaké letadlo je právě na řadě. Každý typ letadla má své vlastní intervaly prohlídek které musí dodržovat. Konkrétně pro mou práci údržba lopatek na motoru CFM56 na letadle B737 činí tento interval 1500FC (flight cycle). Pochopitelně se prohlídky provádí i dříve pokud bylo letadlo v nějaké neočekávané situaci nebo pokud si ti přeje provozovatel či vlastník letadla.

4.2. Demontáž z motoru

K demontáži lopatek si musíme připravit vše potřebné jak už vyjmutí dílů souvisejících s lopatkami tak lopatky samotné. K lopatkám se dostaneme přes vstupní ústrojí motoru a to tak že je nutné demontovat kužely které je zakrývají. Jak už bylo uvedeno každý motor má 24 lopatek které jsou umístěny na lopatkovém disku. Ke každé lopatce je přiložena mezilopatková vymezovací vložka a každá lopatka je upevněna pomocí platformy.

Než začneme demontovat je třeba umístit bezpečnostní návleky na jističe a zamezit tak možnosti spuštění motoru nebo jakoukoliv jinou manipulaci při naší práci. Jednotlivé jističe jsou pojmenovány (označeny) dle manuálu „TASK 72-21-02“ a jsou jimi:

Capt Electrical systém panel P18-2 s názvem „ENGINE 1 START VALVE“

F/O Electrical systém panel P6-2 s názvem „ENGINE 2 START VALVE“

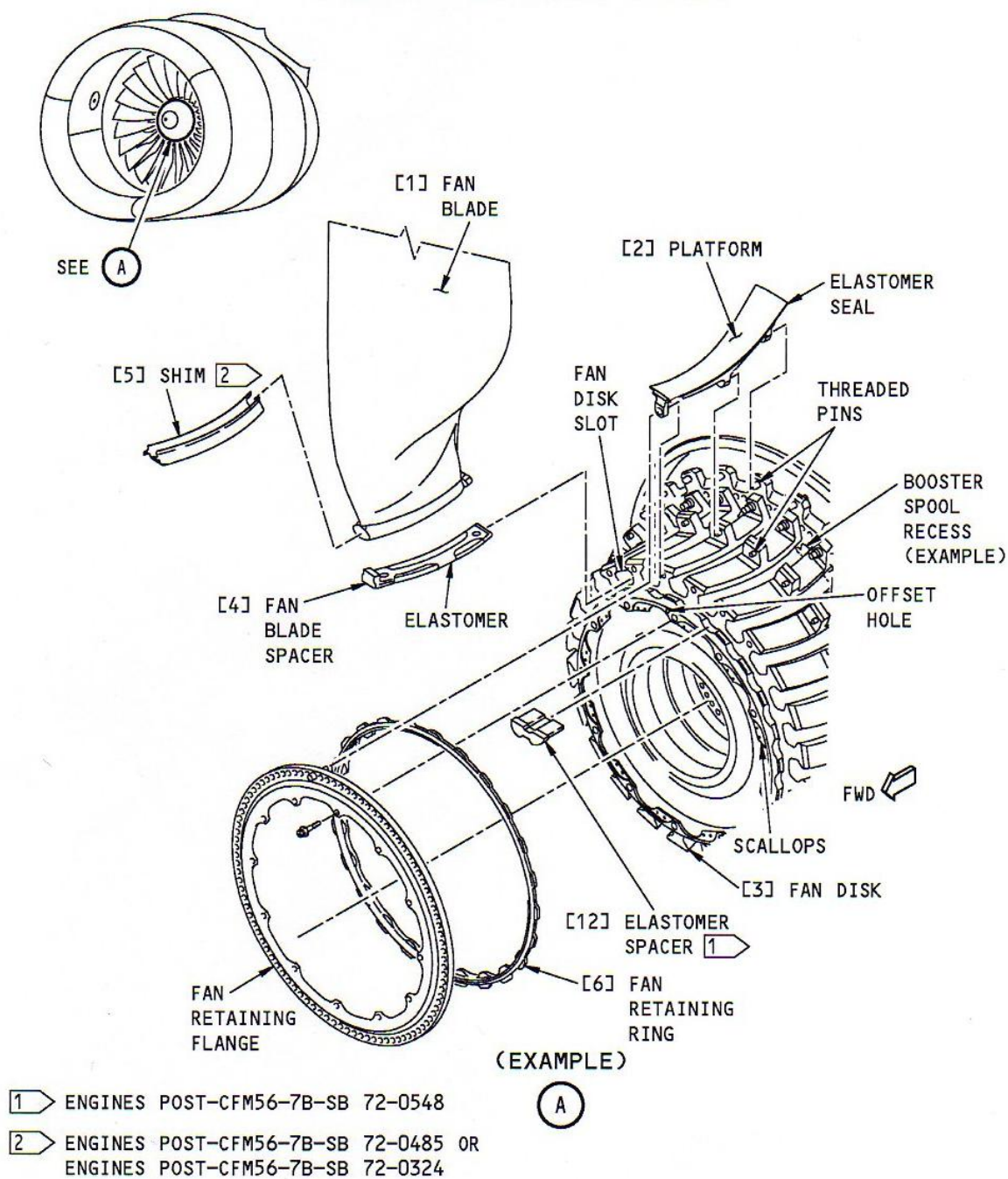
Dále se ujistíme, že páky pro start motoru jsou v poloze CUTOFF čili vypnuto, potom na tuto páku umístíme další bezpečnostní navlek DO-NOT-OPERATE (nepoužívat).

Dále můžeme pokračovat v demontáži. Umístíme ochranný povlak na vstupní ústrojí pro ochranu před vnějším poškozením jako jsou upadnutí nástroje aj.

Nyní provedeme demontáž přední a zadní části kuželového krytu disku pomocí tasku 72-21-01-000-801-F00

Přičemž se dostáváme k fázi demontování lopatek samotných a částí nutných k jejich demontování.

- 1- Demontujeme 8x elastomer spacers (fig. 401 poz.12) pomocí kleští SPL-8860
- 2- Označíme Lopatky příslušným popisovačem G50530(CP5061) kvůli pozdějšímu zápisu do seznamu lopatek.
- 3- Označení platforem
- 4- Demontujeme přídržný kruh pomocí klíče SPL-2325 z disku lopatek
- 5- Otočíme lopatku označenou jako číslo 1 do pozice 6 hodin
- 6- Demontujeme vymezovací vložky z lopatek 1,2 a 24 u tohoto postupu existují 3 možnosti demontáže.
- 7- Vyjmeme platformy 24 a 1 a lopatky 1 a 2
- 8- U ostatních lopatek postupujeme stejným způsobem
- 9- Po demontáži lopatky z ní sejmem vymezovací plech „SHIM“



Fan Blade Installation
Figure 401/72-21-02-990-834-F00

4.2.1. Vytvoření seznamu

Při demontování lopatek je nutné při jejich umisťování do stojanu zapisovat postupně jejich údaje které jsou vyraženy na spodní straně zámku lopatky. Zapisuje se do seznamu podle čísla součásti (P/N „Part number“), sériového čísla (S/N „Serial number“) a váhového momentu. Tento seznam je přiložen u manuálu demontáže lopatek. Vytvoření a uchování

tohoto seznamu po celou dobu kdy jsou lopatky demontovány mimo motor aby nedošlo k prohození pořadí protože každá lopatka má svou určitou váhu a tím i tedy svůj specifický váhový moment. Proto je tedy nutné aby každá lopatka měla svoje místo jak při demontáži tak při montáži.

4.3. Manipulace mimo motor

4.3.1. Kontrola

Inspekce dmychadlových lopatek zahrnuje kontrolu vymezení kruhu, platform, mezilopatkových vymezení vložek, lopatek samotných, vymezení plechů, dmychadlového disku a dalších částí spojených s demontáží lopatek.

Pokud u jakékoliv z těchto částí najdeme poškození větší než je povolený limit je tuto část potřeba vyměnit.

Při kontrole hledáme určité typy poškození jako jsou např. praskliny, pukliny, škrábance, promáčkliny ale i značné opotřebení a korozi.

Ke každé části dmyhadla jsou pro tyto poškození dané limity které se nesmí přesáhnout.

U lopatek hledáme poškození dle fig.605,607,608 (viz příloha) a rozdělujeme je na tyto části:

- Ohledání prasklin nebo děr – neopravitelné lopatka se musí vyměnit
- Ohledání poškození ploch zámku lopatky. Tyto plochy jsou definovány jako kontaktní zóny a bezkontaktní zóny. Kontaktní zóna je kritická oblast kde se plocha dmychadlového disku přímo stýká s plochou zámku dmychadlové lopatky. Bezkontaktní zóna je pak ta část zámku na kterou není vytvářen přímý tlak za provozu. Toto zahrnuje prohlídku vrstev mazacích a antikoročních přípravků molydag a Cu-Ni-In
- Ohledání poškození v kritické zóně L na koření lopatky (zahrnuje přední a zadní zaoblené zóny) obr.605
- Ohledání v zóně H která nezahrnuje přední a zadní zaoblené zóny obr.605
- Ohledání poškození v kritické zóně J
- Ohledání poškození na profilu lopatky v zóně I
- Ohledání poškození na profilu lopatky v zóně K která nezahrnuje špičku
- Ohledání poškození špičky

4.3.2. Mytí

U současného mytí není určen přesný technologický postup je pouze dáno použití čistého hadříku namočeném buď v acetonu (číslo materiálu CP1039), Methyl Ethyl Ketonu (č.m. CP1040) nebo Isopropyl alkoholu (č.p. CP2240). Pokud jsou části velmi znečištěné a nelze je odstranit hadříkem je možno použít jemného smirku nebo Scotch Brite. Číslo materiálu jsou pouze orientační a tyto konkrétní jsou použity pro společnost Air-Berlin.



Obrázek 6

současné mytí je prováděno v takových to provizorních pojízdných boxech

4.3.3. Stříkání zámků

Před instalací lopatek zpět na motor a po umytí lopatek se musí nanést vrstva maziva která lopatku chrání před přímým opotřebáváním. Při stříkání dbáme na to aby vrstva lubrikantu byla rovnoměrně nanесena po cele délce, protože nesprávné nanесení by vedlo k špatnému rozložení váhy a to by vedlo k vibracím dmychadla. U stávajícího postupu stříkání lopatek dochází k značnému znečištění okolních prostor. Tento problém bude dále vyřešen. Na lopatky se používá prostředek Molydag 254.

Titan reaguje s chlorovými a halogenovými prvky. Je proto důležité mít se na pozoru aby lopatky a lopatkový disk nepřišly do styku se zakázanými rozpouštědly jako jsou: trichlorethylen, trichlorethan, perchlorethylen mohly by způsobit značné poškození.

4.3.4. Použité prostředky

Molydag 254 - Je to lak ve spreji složený z látek MoS_2 Molybdenium dysulfát má dobré adhezni schopnosti ke kovům, má nízký koeficient tření, má také antikorozi schopnost a je odolný vůči mnoha chemikáliím a rozpouštědlům.

Alkohol - Isopropyl – Zakladní složkou je isopropanol který se používá jako rozpouštědlo a při výrobě mnoha jiných produktů. V roce 1994 byl 50-tý mezi nejpoužívanějšími chemikáliemi v U.S.A. Čistý líh je 70% roztok isopropanolu ve vodě. Isopropanol se také používá jako složka do nemrzoucích kapalin, rozpouštědlo na gumu, esenciální oleje, přísada denaturovaného alkoholu, antiseptická složka do krémů na ruce.

Lubricant – Molybdenum Disulfide, Solid – Molykote G

Lubricant - corrosion inhibiting, Dry film – dow corning 321

Lubricant - Molybdenum Disulfide, Solid – dow corning G-n Metal assembly

Lubricant – Molydisulfide Solid Film, Paste – Molykote G-n Plus

Grease – perlolatum Vazelína z ropy

Permanentní popisovač

Cu-Ni-In thermal spray coating



Obrázek 7

4.3.5. Uskladnění

Po demontáži lopatek a dalších demontovaných částí se uskladní do stojanu. Tam lopatky jsou do doby než jdou na mytí po mytí se lopatky kontrolují a pak dále opět stříkají uskladnění lopatek při těchto procesích je průběžné. S lopatka mi nutno nakládat velmi opatrně jelikož cena lopatky převyšuje jeden milión korun českých.

4.4. Montáž zpět na motor

Před montáží zpět na letoun se lopatky se lopatky tedy čistí a mažou k tomu určenými přípravky. Následuje samotná montáž. Ujistíme se že jsou plochy disku řádně očištěny a zbaveny prachu a otočíme disk do polohy kdy je uložení první lopatky na šesti hodinách. Lopatky se montují ve směru hodinových ručiček jinak by mohlo dojít k jejich poškození nebo poškození jejich částí. Dále pokračujeme dle kroků které jsou popsány dle servisního manuálu. Pro instalaci první lopatky nejprve umístíme „SHIM“ nasunutím na kořen lopatky. Shim je velmi tenký a je velmi jednoduché ho poškodit. Začínáme instalací lopatky číslo 24. Lopatku tlačíme do té doby dokud do sebe nezapadnou výklenky na lopatce i disku. Dále je na řadě platforma. Platformy jsou číslovány stejně jako lopatky. Platformy jsou vymezovací prvky mezi lopatkami proto k instalaci volíme platformu s číslem 23 a umístíme jí na levou stranu lopatky 24. Dále zasuneme SPACER mezi lopatku a lopatkový disk. Tyto kroky opakujeme pro lopatky, platformy a spacery s označením 23 – 4. Dostáváme se k instalaci lopatek 3 až 1. Tyto lopatky se montují současně. Po nasunutí SHIMů se zasunou do lopatkového disku. Vyjmeme SPACER číslo 24 a zasuneme platformy 3 až 1 do jejich korespondujících míst. Ujistíme se že jsou platformy plně na svých pozicích. Rukou zvedneme zadní část kořene lopatky č.1 v uložení zatímco lopatku č.24 tlačíme loktem můžeme umístit platformu na příslušné šrouby mezi lopatkami 1 a 24.

- dále zatlačíme platformu č.24
- dále umístíme spacer musíme si být jisti že umísťujeme správný díl na správné místo
- zasuneme zbývající spacery na jejich pozice

po dokončení montáže zbývajících dílů namontujeme vnitřní a vnější kuželové kryty.

Po dokončení všech prací a odstranění ochranných prostředků. Je důležité nezapomenout na ochranné kryty jističů umístěné v kabině.



Obrázek 8

5. Návrh linky pro údržbu lopatek – umístění jednotlivých komponentů a prostorový návrh.

Z dosavadních postupů vyplývá že pracoviště na němž se provádí údržba lopatek motoru nemá žádný konkrétní postup a žádný vymezený prostor. Čili se každá část pracovního cyklu údržby lopatek se nachází na jiném místě a nelze pak na tento proces klást takové nároky jaké by měly být splněny. Proto je nutné zabývat se tímto problémem. Ze základních poznatku dle dosavadních postupů jsem vyznamenal jaké zařízení či stoly je k procesu potřeba. Jsou jimi stojan na lopatky pro jejich umístění jak hned po demontáži tak i mezi jednotlivými procesy a doby než se budou montovat zpět na letoun dále je to stůl s vanou na mytí lopatek, obyčejný pracovní stůl potažený gumou pro kontrolu lopatek a detekci vad, box na stříkání zámek lopatek ve kterém se nanáší speciální přípravek. Tyto prostředky budou dále popsány a bude zorganizováno jejich umístění na pracovní ploše.

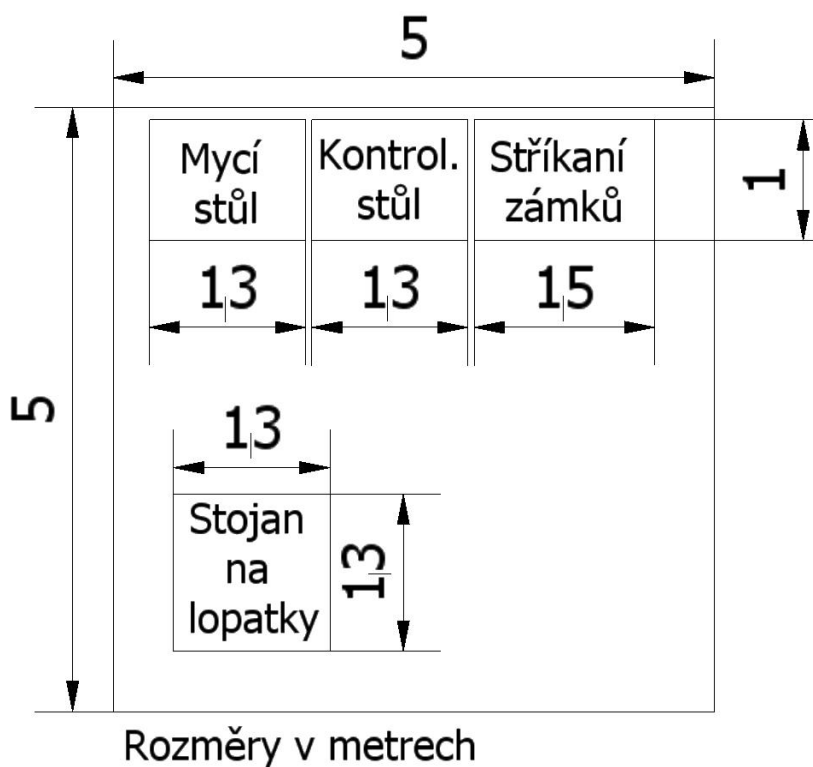
5.1. Uspořádání pracoviště

Návrh velikosti a uspořádání pracovní plochy kde se bude s lopatkami pracovat se odvíjí od jednotlivých velikostí zařízení (stolů). Jak už bylo řečeno pracoviště bude obsahovat 4 zařízení a mělo by být velké 5x5m pro dostatečný pohyb osob. Mělo by zasahovat alespoň jednou stranou k oknu nebo by zde měl být přístup k odvětrávací šachtě kvůli odsávání a řádnému odvětrání škodlivých látek, které se na lopatky používají. Na obr.1 vidíme uspořádání vzhledem k ploše 5x5m. Nejsou zde zahrnuty prostory pro uložení částí demontovaných s lopatkami. Ty se umísťují do připravených regálů pro demontované díly.

Důvody pro rozmístění jednotlivých přípravků:

- Stojan na lopatky – stojan je umístěn co nejvolněji v prostoru aby sním mohlo být často manipulováno a bylo tak umožněno přemísťování lopatek při přechodu na jednotlivá stanoviště. Stojan se může měnit v závislosti na typu motoru a lopatek.
- Mycí stůl – umístěn na první pozici stanoviště s přisvětlovacím zařízením
- Kontrolní stůl – umístěn na druhé pozici s přisvětlovacím zařízením
- Box na stříkání zámků – umístěn na třetí pozici s přisvětlovacím zařízením

Všechna tato zařízení jsou uspořádána dle přeneseného postupu tak jak popisuje servisní manuál firmy BOEING.



Obrázek 9

5.2. Zařízení pro umístění jednotlivých demontovaných částí

Toto zařízení rozdělíme na dva typy :

- stojan na lopatky
- stojan nebo-li regál na díly které se demontují spolu s lopatkami aby se daly vyjmout.

Stojan na lopatky – zařízení do něhož se umísťují lopatky po jejich bezprostřední demontáži a skladují se během celého procesu údržby. Jeho stavba je složena z ocelových profilů a dřevotřískových desek s co nejmenší složitostí na výrobu a manipulaci. Hlavní rozměry jsou 1300mm délka 1300mm šířka a 1500mm výška. Tento vozík je speciálně určen pro typ motoru CFM 56-7, který se vyskytuje v letounech Boeing 737-NG a jeho dmychadlo je složeno z 24 lopatek. Díky tomuto údaji ať už jde o počet nebo tvar lopatky je nutné mít pro každý typ servisovaného letounu odlišný typ vozíku. Jako příklad vezmu starší verzi letounu B737-CL která má motor CFM 56-3 jehož dmychadlo se skládá z 38 lopatek má tedy jiný počet a tvar lopatek a je nutno použít vozík jiný. Jak už bylo řečeno vozík má parametry 1500x1300x1300mm a nacházejí se na něm dvě patra ze dvou stran. To znamená že na jednu stranu vozíku je možno umístit 12 lopatek ve dvou řadách nad sebou po šesti. Prostor pro umístění jedné lopatky se skládá z desky ve které je vyřezán otvor ,který kopíruje lopatku a drží jí ve svislé poloze zámkem nahoru. Lopatka tímto stojí svou koncovou hranou na menším boxu do kterého se umísťují části které jsou umístěné ve stejné lopatkové pozici jako je Shim, Platforma, ... dohromady tyto boxy tvoří plochu potaženou gumou, kobercem či jiným protiskluzovým materiálem. Aby lopatka byla dobře zajištěna a bylo zabráněno jejímu vypadnutí při přesunu vozíku na jiné pracoviště je na desce připevněn pomocí kolíku zajišťovací hranol. Pro pojíždění slouží otočná kolečka o průměru 200mm dvě s brzdou a dvě bez brzdy. Konstrukce vozíku je kovová, svařená z čtvercových 25x25x2mm a obdélníkových profilů 50x25x2mm s dřevotřískovými policemi. Celkový použitý materiál činí tedy:

	Profil 25x25x2mm	Profil 50x25x2mm	Dřevotříska tl.10mm
Použitý materiál	30kg	11kg	7,4868m ²
Cena za jednotku	20kč/1kg	22kč/1kg	95kč/m ²
Celková cena	600kč	242kč	712kč
Kompletní cena výrobku			
bez ceny za vykonanou práci			
1554kč			

Cena použitého materiálu je pouze orientační ,nejsou zde uvedeny ceny koleček, západek na zajišťovací kolíky aj. Váha vozíku bez dřeva činí přibližně 41KG.



Obrázek 10

Stojan na díly – odkládací plocha, regál na demontované díly poblíž letadla. S protiskluzovou plochou a řádně označen. Z konstrukčního hlediska by měl vyhovovat hlavně rozměrově pro umístění všech demontovaných dílů aby nedošlo k přesahu a možnosti poškození uskladňovaných dílů.



Obrázek 11

5.3. Zařízení pro mytí lopatek.

Po demontáži lopatek z motoru a přesunu na příslušný vymezený prostor následuje čištění lopatek od nečistot zachycených během provozu a odstranění předchozí vrstvy maziva a vrstvy přípravku molycote. K mytí lopatek používáme produkty jako jsou isoprophyl alkohol nebo například Methyl Ethyl Keton ty se po styku s čištěným materiálem znečistí, znehodnotí a nelze je dále využívat. Doposud se lopatky omývaly v pojízdné vaně na čištění a odmašťování dílu což je pro produkt jako jsou lopatky značně nevhodné. Při návrhu zařízení beru na vědomí, že je látky odpadní je třeba někam odvádět. Proto konstrukci tvoří kovový rám s roštem potaženým gumou pod kterým je umístěna vana která svádí nečistoty do připravené nádoby. Nečistoty umýváme bavlněným hadříkem na vlhčeným v uvedených materiálech. Hrubší nečistoty a skvrny které nejdou odstranit hadříkem na ty můžeme použít jemného smírku nebo scotch brite. Výkresová dokumentace k zařízení je dodána v příloze. Konstrukce je tedy složena čtvercových profilů 25x25x2mm a plechů tloušťky 1mm. Celkový použitý materiál tedy činí:

	Profil 25x25x2mm	Plech tl. 1mm
Použitý materiál	35kg	3,12m ²
Cena za jednotku	20kč/1kg	18kč/m ²
Celková cena	700kč	60kč
Kompletní cena výrobku bez ceny za vykonanou práci	760kč	

Cena je pouze orientační bez potahové gumy a případných koleček.



Obrázek 12

5.4. Zařízení pro údržbu, ošetření a kontrolu lopatek.

Nyní se dostáváme ke kontrole lopatek ta se provádí jako všechno ostatní dle požadavků výrobce tj. dle dodaného manuálu a musí se dodržovat přesné limity opotřebování lopatky a při poškození větším než je dovoleno musí být lopatky vyřazena a s ní její protilehlá jakožto lopatka do páru. Protože motor musí být po všech stránkách vyvážen musí mít protilehlé lopatky stejnou váhu. K dodržení limit stanovených výrobcem je v současnosti používáno optické metody kdy povrch lopatky prohlížíme pouhým okem. Které se zdá být dostačující ale dle mého názoru velmi zdlouhavé a velmi snadno se dá něco přehlédnout. Proto jsem toho názoru, že by tato operace měla být vykonávána strojově. Takovéto zařízení už v současnosti existuje. Nese název M403V FAN BLADE SCANNER toto zařízení vyrábí firma MIDAS NDT.



Obrázek 13

NDT testování lopatek ultrazvukem

Bohužel toto zařízení není kompatibilní s lopatkami motorů CFM56. Konkrétně toto zařízení sice není kompatibilní s motorem pro navrhovanou linku ale existuje velmi mnoho všestranných robotů pro nedestruktivní zkoušení kteří by se dali využít konkrétně ke zkoušení lopatek. Všichni tito roboti prakticky pracují na systému zadávání zkoušení kdy je zkoušené těleso ponořeno do nádoby s kapalinou a do počítače je importován jeho obraz a CAD aplikaci nebo v txt souboru. Nyní tedy máme dvě možnosti:

- Metodu optickou
- Metodu NDT strojovou

Metoda optická – u této metody je potřeba schopného pracovníka který bude schopen dlouhodobě sledovat a vnímat rozdíly mezi dobrou s špatnou vadou na lopatce. Jako pracovní plocha postačí pouhý pracovní stůl s penou deska a dostatečnými rozměry pro dobrou

manipulaci. Jelikož mezní hodnoty lopatek sahají do setin milimetru je nutné mít velmi kvalitní nástroje na zvetšování.

Metoda strojová – U této metody bych rád představil nedestruktivní zkoušení NDT jakožto jedno z nejrozšířenějších testovacích možností. Existuje spousta firem které dodávají zařízení které jsou schopny detekovat chyby v materiálu. Tyto zařízení mají základní rozdělení a to podle toho jakým způsobem pracují. V současnosti máme 6 druhů typů nedestruktivního zkoušení jsou to :

- UT - Zkoušky ultrazvukem
- ET – Zkoušky vířivými proudy
- MT - Magnetické zkoušky
- RT - Zkoušky prozařováním
- VT - Vizuální kontrola
- LT - Zkoušky netěsností

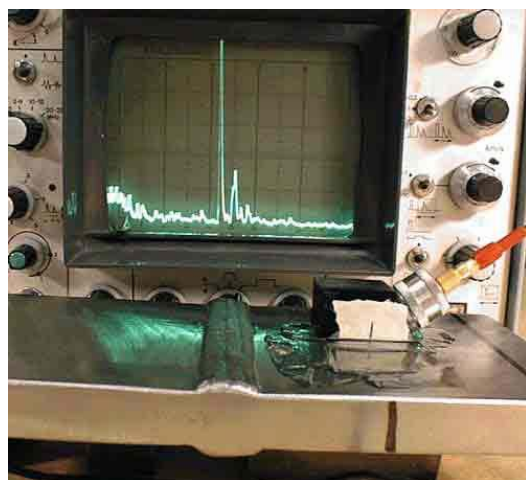
Ze kterých popíši krátce jen ty nejpoužívanější.

UT - Metoda ultrazvuk

Kontrola ultrazvukem se provádí již mnoho desetiletí.

Počáteční rychlý vývoj přístrojů urychlený technickými pokusy v padesátých letech nadále pokračuje. Během osmdesátých let a pokračujíc až dosud, počítače vybavují techniky menšími a mnohem odolnějšími přístroji s lepšími schopnostmi.

Měření tloušťky je toho názorným příkladem. Nástroje byly vylepšovány tak, aby shromažďovaly data jednodušeji a lépe. Implementovaná zařízení k zápisu dat umožňují zaznamenání tisíců měření a vylučují tím



nutnost přítomnosti „zapisovatele“. Některé přístroje jsou schopny zachytit údaje o časovém průběhu signálu stejně jako údaje o tloušťce. Možnost zachytit údaje o časovém průběhu signálu umožňuje operátorovi prohlédnout si A-scan signál měření tloušťky dlouho po ukončení kontroly. Některé přístroje jsou rovněž schopny upravit měření dle povrchových

podmínek materiálu. Např. se signálem získaným z měření korozních úbytků potrubí bude zacházeno jinak než se signálem z naprosto hladkého povrchu. Toto vedlo k mnohem přesnějším a opakovatelným měřením v terénu.

Mnoho ultrazvukových detektorů vad má trigonometrickou funkci, která umožňuje rychlou a přesnou lokalizaci vad při využití kontrol příčnými vlnami. CRT obrazovky byly z větší části nahrazeny LED nebo LCD monitory. S těmito monitory lze, ve většině případů, pracovat za jakéhokoliv okolního světla. Jasné či naopak chatrné okolní světelné podmínky, které se při práci techniků vyskytují, nemají skoro žádný vliv na jejich schopnost pozorovat obrazovku. U těchto obrazovek lze nastavit jas, kontrast a u některých přístrojů si dokonce můžete vybrat barvu obrazu a signálu. Snímače mohou být naprogramovány s předem nastavenými hodnotami zařízení. Operátor pak už jen snímač připojí a zařízení nastaví proměnné jako jsou frekvence a citlivost sondy.

Stejně jako počítače, řízení pohybu a robotika přispěli k rozvoji kontroly ultrazvukem. Brzy pak byla rozpoznána výhoda stacionární platformy a začala být průmyslově využívána. Počítače mohou být naprogramovány ke kontrole velkých komponent složitých tvarů, s jedním nebo několika přijímači, které sbírají informace. Automatizované systémy sestávají z imerzní vany, skenovacího systému a nahrávacího systému pro tiskové výstupy skenu. Imerzní vana může být nahrazena tryskou, která umožňuje přenos UZ signálu vodním



sloupcem. Výsledný C-scan poskytuje plán komponenty nebo pohled shora na komponentu. Skenování komponent je podstatně rychlejší než ruční skenování, vazební medium je mnohem konzistentnější. Snímaná informace je zachycena počítačem pro vyhodnocení, pro přenos zákazníkovi a pro archivaci. V současnosti jsou

rozvíjeny kvantitativní teorie, jejichž cílem je popsat interakci mezi zkoumanými oblastmi a vadami. Výsledné hodnoty jsou integrovány do trojrozměrných modelů, jejichž vlastnosti jsou nakonfigurovány dle reálu a simulují tak skutečné kontroly. Relevantní nástroje umožňují, aby NDT bylo během vývojového procesu stavěno na stejnou úroveň jako ostatní technické disciplíny zabývající se zkoumáním vad ve strojírenství. Kvantitativní popisy provádění NDT,

stejně jako pravděpodobnost detekce (POD), se staly součástí statistického odhadu rizik. Měřicí procedury zprvu vyvíjené pro kontrolu kovů byly rozšířeny i na konstrukční materiály jako jsou kompozity, u kterých se začaly vyskytovat významné problémy - anizotropie a nehomogenita. Rychlé pokroky v digitalizaci a schopnostech výpočetní techniky naprosto změnily vzhled mnoha nástrojů a typy algoritmů, které jsou používány ke zpracování výsledných dat.

Metoda Vířivé proudy

Vířivé proudy jsou vytvořeny při elektromagnetické indukci. Když střídavý proud prochází vodičem, jako například měděným drátem, vytváří se kolem vodiče magnetické pole. Velikost tohoto magnetického pole závisí na velikosti protékajícího proudu. Jestliže se další elektrický vodič dostane do takového magnetického pole, pak se v tomto vodiči bude indukovat proud. Vířivé proudy jsou indukované elektrické proudy tekoucí po kruhové dráze. Svůj název získali z „vírů“, které tvoří kapalina nebo plyn při obtékání překážek.

Jednou z hlavních výhod metody vířivých proudů jako NDT nástroje je velká různorodost měření, která umožňuje. Vířivé proudy mohou být použity pro :

- zjišťování trhlin
- měření tloušťky materiálu
- měření tloušťky nátěrů
- měření vodivosti pro :
 - Materiál identifikace
 - Detekce tepelného poškození
 - Stanovení hloubky pláště
 - Kontroly tepelného zpracování



Výhody vířivého proudu :

- Citlivý na malé trhliny a další defekty
- Odhalí povrché a blízko povrchové vady
- Zkoumání dává okamžité výsledky
- Vybavení je přenosné
- Minimální potřebná příprava vzorků
- Testovací sonda nepotřebuje přímý kontakt se součástí

- Umožňuje vyšetření složitých tvarů a velikosti vodivých materiálů

Omezení metody vířivého proudu :

- Mohou být vyšetřovány pouze vodivé materiály
- Sonda musí mít dostatečný přístup k povrchu
- Je nutná určitá zručnost a zaškolení, rozsáhlejší než ostatních technik
- Konečná úprava povrchu a „hrbolatost“ může překážet
- Potřeba nastavení pomocí etalonu
- Hloubka penetrace je omezená
- Nelze zjistit vady, které jsou orientovány v určitém směru

MT - Magnetické zkoušky

Principem metody je zmagnetování objektu a vyhodnocení rozptylu magnetického toku v okolí defektu. Fyzikální princip metody spočívá v lokálním zmenšení průřezu feromagnetického materiálu, a tím navýšení magnetického odporu v místě povrchové nebo podpovrchové necelistvosti. V místě magneticky nevodivé vady s hodnotou permeability $\mu > 1$ navíc dochází ke změně směru indukčních čar. Důsledkem uvedených jevů je vznik magnetického rozptylu tj. vystoupení magnetického toku do okolního prostoru (vzduchu).

Defekt v materiálu lokalizujeme měřením magnetického rozptylu. Rozptyl magnetického toku je dán nejen velikostí, tvarem a umístěním defektu, ale také způsobem magnetování objektu, volbou magnetovacího proudu, hodnotou magnetické indukce a na orientací magnetického toku vůči trhlině.

Základním požadavkem při magnetování objektu je správná orientace indukčních čar ve směru kolmém na směr předpokládané necelistvosti. Podélné magnetování detekuje trhliny v materiálu příčně orientované a příčné magnetování podélně orientované

VT - Vizuální kontrola

Přímá vizuální kontrola je jednou z velmi starých metod diagnostiky. Její relativně časová nenáročnost a hlavně nízká cena ji řadí na první místa dostupnosti defektoskopických metod. Provádí se pouhým okem nebo pomocí lupy.

Nepřímá kontrola se provádí pomocí endoskopů, včetně systémů využívajících miniaturních televizních kamer s příslušnými manipulátory a osvětlením.

Průmyslové endoskopy jsou zařízení pro vizuální kontrolu obtížné přístupných nebo prakticky nepřístupných míst a svou konstrukcí umožňují realizovat nedestruktivní diagnostiku prostřednictvím obrazu na monitoru. Endoskopy mohou obraz opticky zvětšit a v digitálním zpracování zvýraznit potřebné detaily, které okem nelze pozorovat. Jako zdroje osvětlení se používají halogenové, xenonové, halogenidové zdroje. Spektrální složení xenonových výbojek se blíží spektru přirozeného denního světla a obraz věrně reprodukuje barvy objektu. Využití průmyslových endoskopů je v mnoha oblastech jako jsou: vnitřní prostory všech typů motorů včetně leteckých, převodovek, svarů, vnitřních povrchů trubek, kotlů, nádrží, lopatek turbín aj.

Tedy pro rychlejší a přesnější s daleko větší spolehlivostí bych navrhoval zkoušky NDT jak už s manuálními přístroji nebo s kompletními skenovacími stroji.

5.5. Zařízení pro stříkání zámků lopatek

Zařízení v němž jsou stříkány zámky lopatek se skládá z několika částí. Jeho hlavní význam spočívá v tom, že při provádění stříkání vznikají výpary které jsou zdraví škodlivé a je nutné zamezit jejich vdechnutí člověkem. Proto hlavní box který je umístěn na kovové konstrukci svařené z čtvercových profilů též na kolečcích má odvětrávací otvor (šachtu) s větrákem který výpary odsává. Odsávané výpary směřují směrem vzhůru šachtou (rourou) která je umístěna nad zařízením proto musí být pracovní plocha linky na údržbu lopatek umístěna v co nejmenší vzdálenosti od oken popřípadě vzduchové ventilace. I s takto odvětrávaným boxem je nezbytné používat respirátor či alespoň roušku.

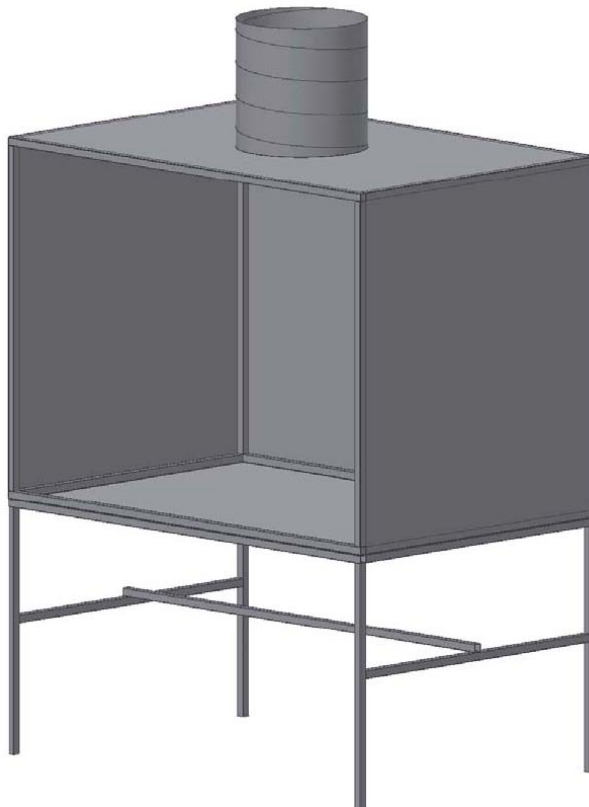
Konstrukci tvoří rám s boxem sestaven z čtvercového profilu 25x25x2 a plechu tl.1mm. Výkresová dokumentace dodána v příloze. Cena navrhnutého boxu činí:

	Profil 25x25x2mm	Plech tl.1mm
Použitý materiál	36kg	6,724 m ²
Cena za jednotku	20kč/1kg	18kč/m ²
Celková cena	720kč	122kč
Kompletní cena výrobku bez ceny za vykonanou práci	842kč	

Cena použitého materiálu je pouze orientační ,nejsou zde uvedeny ceny koleček, osvětlení spínače, ventilátory aj. Váha boxu činí přibližně 90KG.



Obrázek 14



Obrázek 15

5.6. Posloupnost provádění prací

Po předvedení všech zařízení se dostáváme k jejich využití. Technologický postup údržby lopatek je dán údržbovým manuálem letadla. Popíši tedy jen události které budou přímo spjaty s navrhovanou linkou.

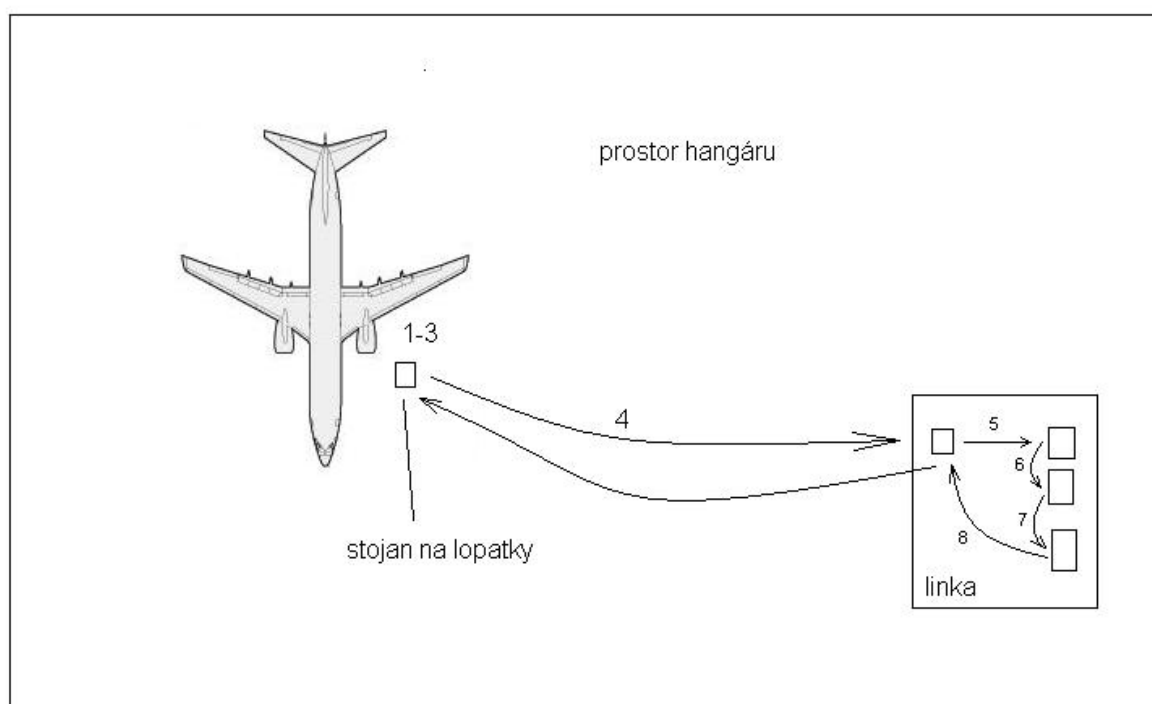
1. Přistavení zařízení pro uložení jednotlivých demontovaných částí
2. Demontáž lopatek
3. Uložení lopatek do přípravku
4. přesun přípravku do prostoru údržbové linky

V případě obsluhy každého zařízení zvlášť bude postup v prostoru linky následující:

5. Vyjmutí jedné lopatky ze stojanu, k mytí
6. Předání lopatky ke kontrole
7. Předání lopatky ke stříkání zámků
8. Uložení zpět do stojanu

Při tom je důležité aby bylo dbáno na číslování lopatek a dodržen postup jejich odebrání a vkládání. V případě kdy je přítomen u linky pouze jeden pracovník provádí tyto úkony sám.

Následuje přemístění stojanu zpět k letadlu a montáž na letoun.



Obrázek 16

6. Umístění pracoviště v servisním centru JOB aIR - CEAM a.s.

Umístění plochy linky je v podstatě libovolné. Dalo by se říci, že je linka mobilní a nemá své pevné umístění. Je ale důležité mít na paměti, že jsou potřeba dva faktory pro chod linky a to elektrická síť a ventilační šachta nebo okno pro ovětrávání výparů při stříkání lopatek.

7. Závěr a zhodnocení práce

Mým cílem bakalářské práce bylo vytvořit linku na ošetřování a údržbu lopatek a začlenit ji do servisního hangáru letiště Leoše Janáčka, která by dále vyhovovala dostatečným požadavkům na kvalitu práce a rychlost zpracování od zadání úkolu až po jeho dokončení. Linka byla sestavena ze čtyř stojanu do kterých se umisťují demontované díly a se kterými se dále pracuje. Jako zlepšení jsem navrhnul použití nedestruktivních zkoušek na detekci chyb, vad na lopatkách. Z důvodu finanční náročnosti nebylo možno tyto přístroje vyzkoušet v praxi a učinit tak porovnání s metodou dosud používanou. V případě přistoupení na možnost použití těchto technologií je možné kontaktovat firmy na jejichž základě jsem stavěl teorii o využití NDT zkoušek v praxi. Také vzhledem k realizaci nové haly bez takovéto linky bylo umístění do současného rozestavění hangáru obtížné. Kde opět nebylo možné rozmístit přípravky a otestovat funkční chod linky. Byl jsem obeznámen se skutečností, že v budoucnosti by servisních center jako je to dnešní mohlo stát více. Potom by už neměl vzniknout problém s implementací do konstrukce. Návrh linky tedy sjednotí postup údržby lopatek případně i urychlí jeho průběh.

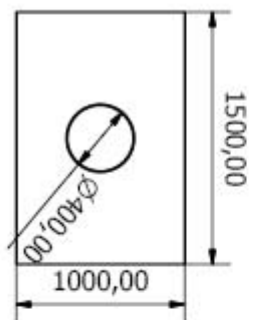
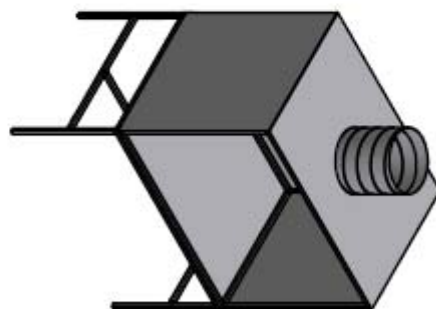
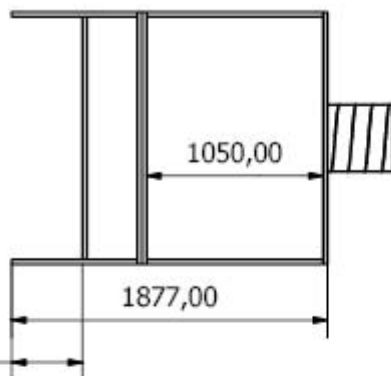
8. Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem profesorům a kantorům Vysoké školy Báňské za získané vědomosti během studia. Dále bych chtěl poděkovat panu ing. Kolarczykovi za jeho podnětné návrhy, které mi věnoval a vedení bakalářské práce, firmě JOB aIR - CEAM a.s. a jejich zaměstnancům za jejich vstřícný přístup a dále panu ing. Špírkovi který mi dodal podstatnou část podkladů pro vyhotovení této práce. Děkuji.

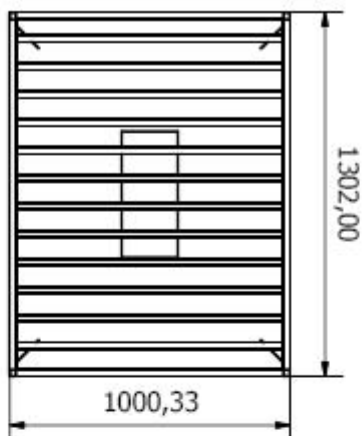
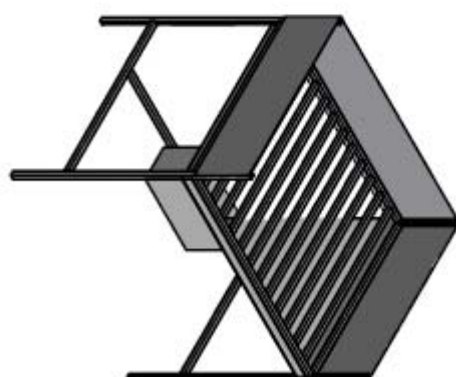
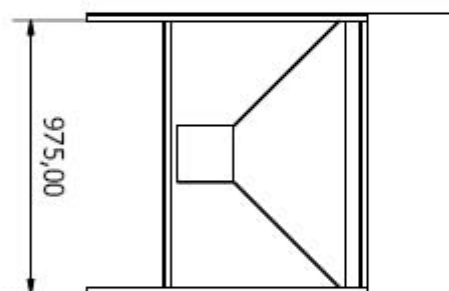
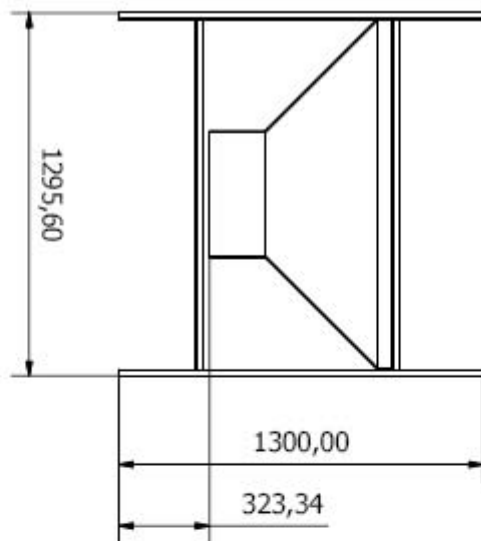
9. Použitá literatura a webové adresy

- Boeing 737-600/700/800/900: Aircraft maintenance manual
- Job Air: Engineers training manual
- Předpis ATA-100
- www.geinspectiontechnologies.com
- www.ndttrade.cz
- www.midas-ndt.co.uk
- www.olympus-ims.com
- www.cndt.cz
- www.testima.eu
- www.atg.cz
- www.ebm-service.com
- www.jobair.eu
- www.boeing.com
- www.cfm56.com
- www.wikipedia.org

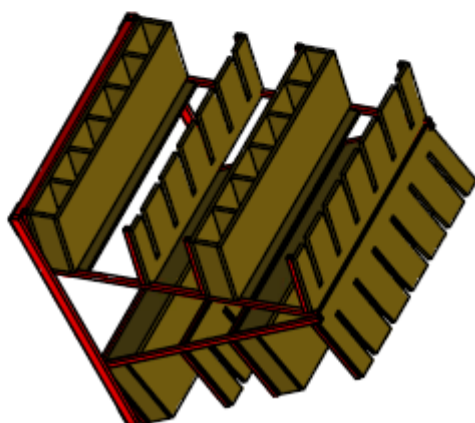
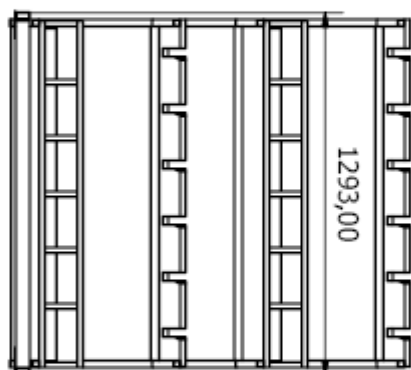
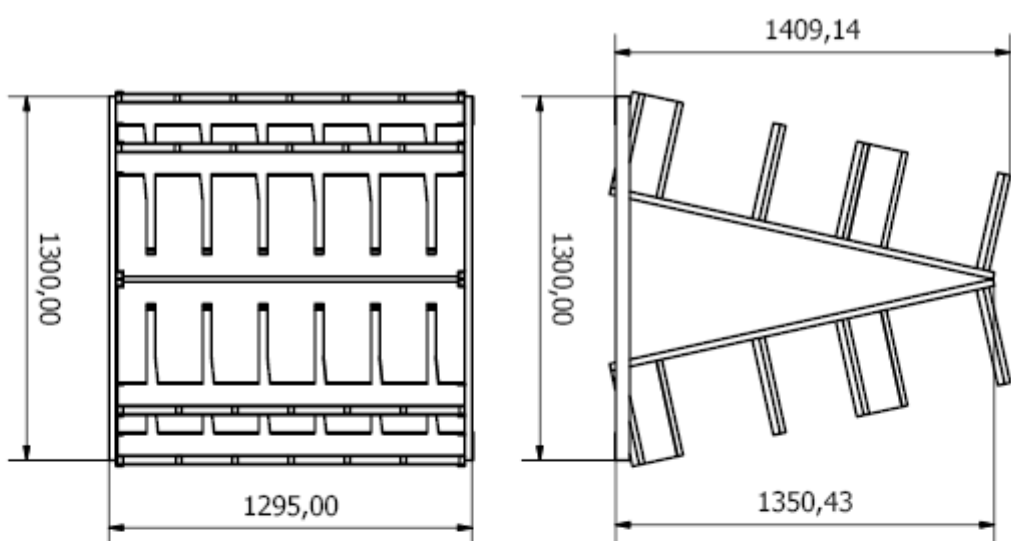
Příloha:



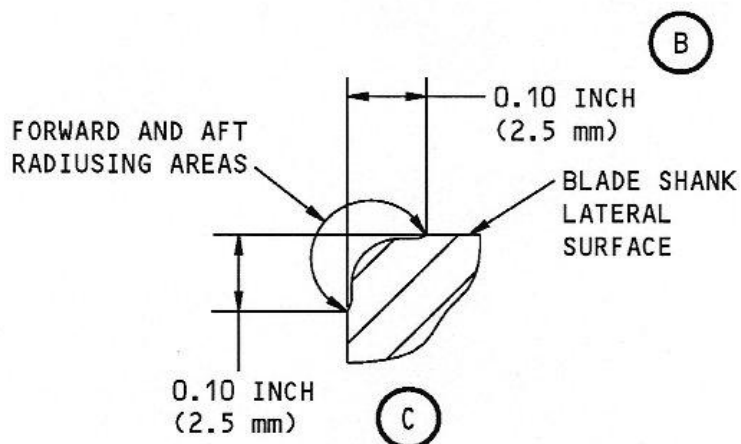
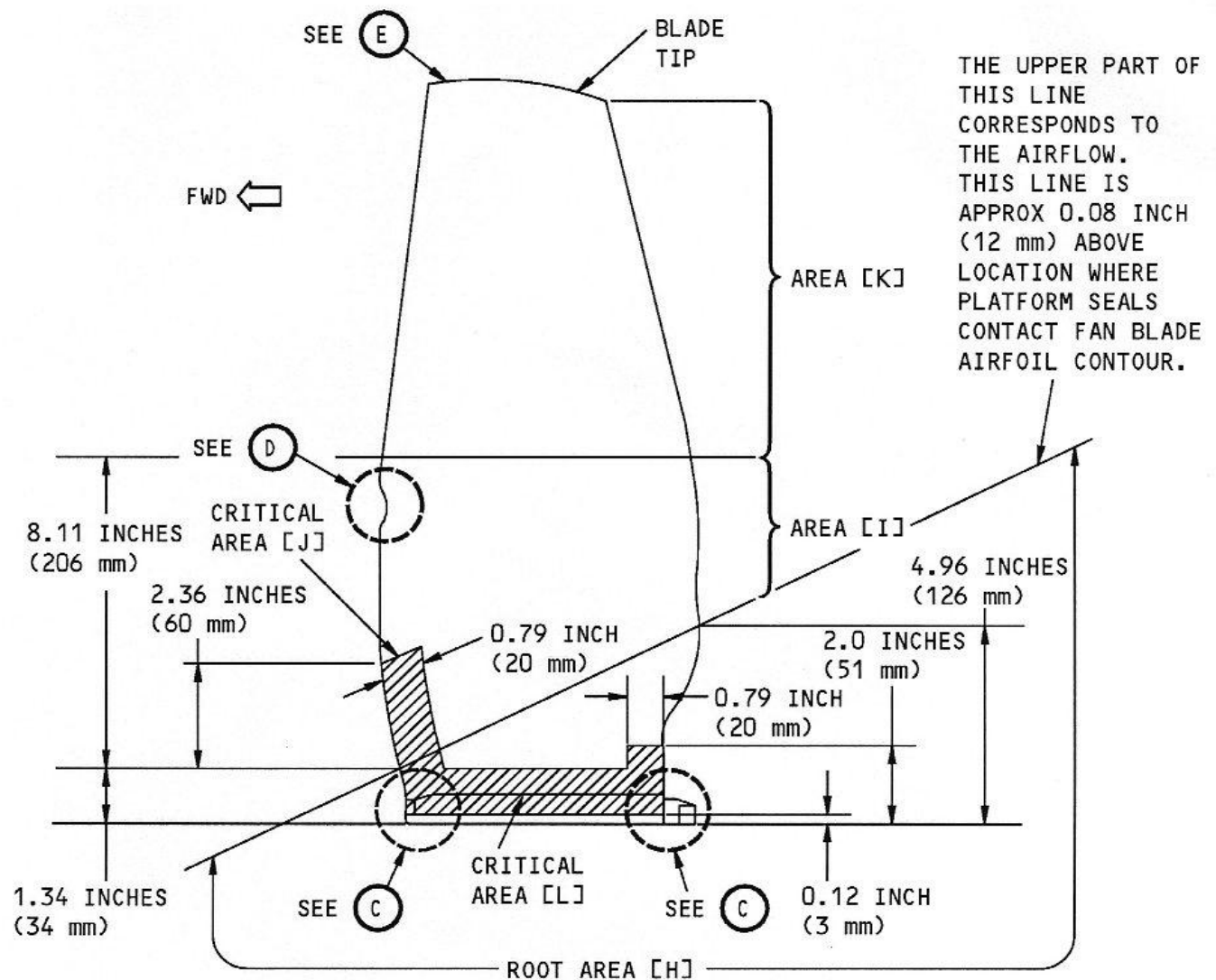
Kusovník					
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS		
1	7	jekl 1500x25x25x2			
2	4	jekl 1050x25x25x2			
3	8	jekl 950x25x25x2			
4	1	plech 1500x1000x1			
5	1	plech 1500x1100x1			
6	2	plech 1100x1000x1			
7	4	jekl 750x25x25x2			
8	1	plech 1500x1000x1			
9	1	roupa			
Kreslil	Kontroloval	Schválil	Datum		
Ivanhoe			19.5.2009		
vrch boxu					
			Vydaní	List	
			1	/ 1	



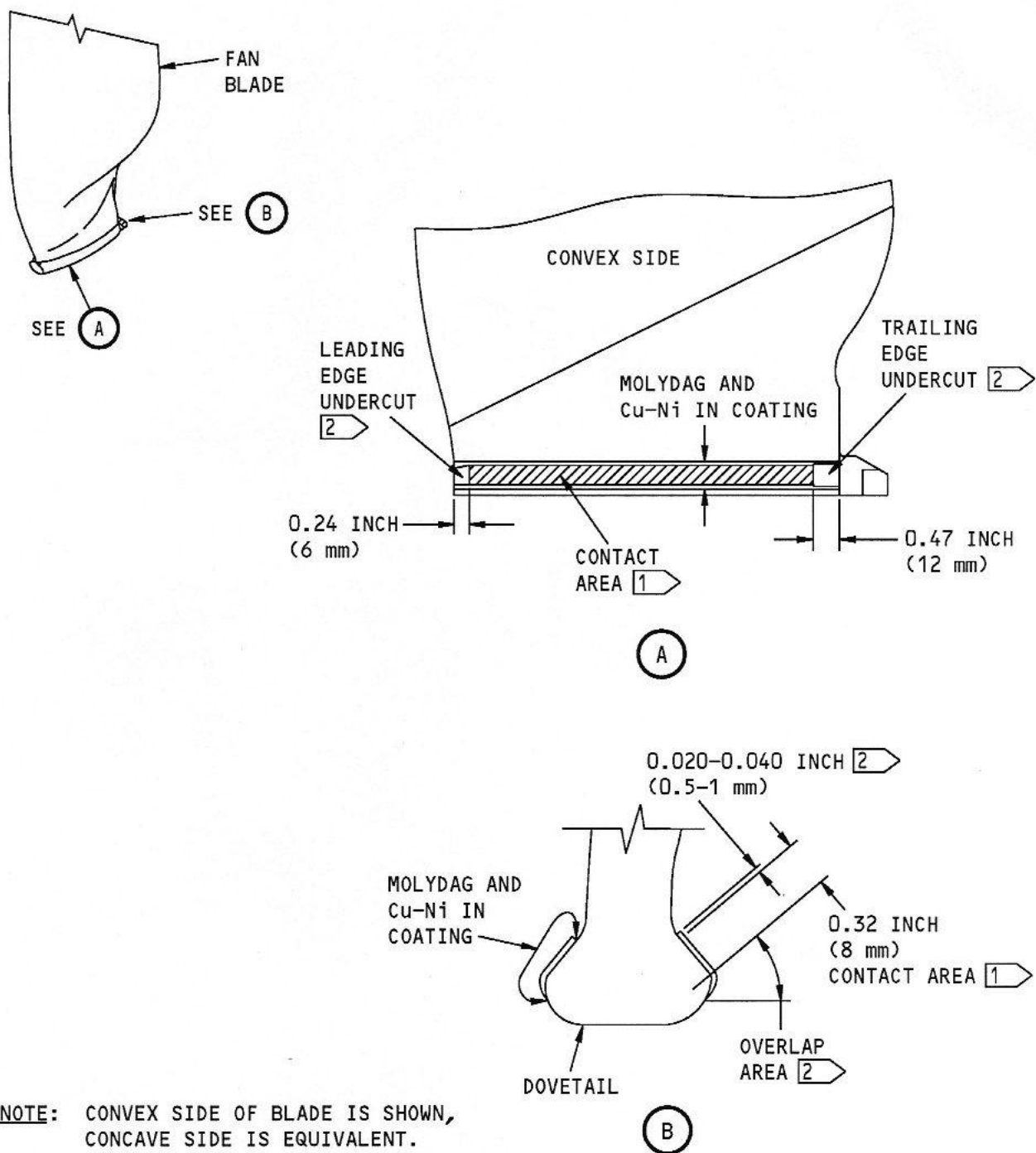
Kusovník					
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS		
1	4	jekl 1300x30x30x2			
2	3	jekl 1300x30x30x2			
3	16	jekl 1300x30x30x2			
4	2	plech 1000x300x1			
5	1	plech 1000x300x1			
6	2	plech vanal			
7	2	plech vanal			
Kreslil	Kontroloval	Schválil	Datum		
Ivanhoe			17.5.2009		
mytí			Vydané	List	
				1 / 1	



1	2	profil 50x30x1300	
2	2	profil 50x30x1300	
3	4	plech 100x100x2	
4	4	profil 20x20x1300	
5	16	profil 20x20x1300	
6	8	profil 20x20x1300	
7	4	preklizka 1240x370x5	
8	28	drevostriska 350x120x20	
9	4	drevostriska 1190x190x20	
10	4	drevostriska 1240x350x20	
11	4	drevostriska 1240x370x20 Horní police	
POZICE KS		ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
Kreslí		Kontroloval	Schválil
Ivanhoe			
		Datum	Datum
			16.3.2009
		komplet	
		Vydaní	Liš
		1	1

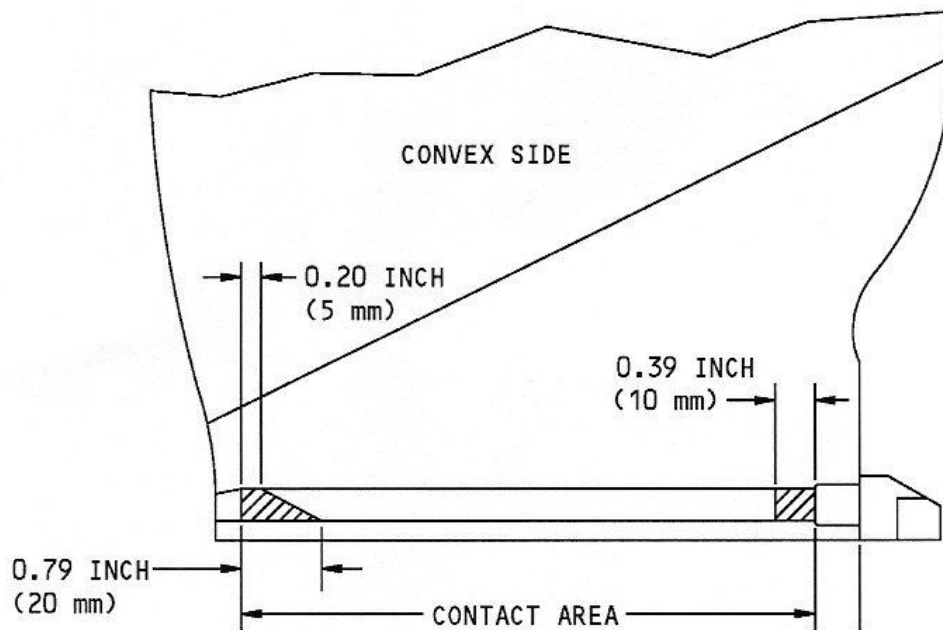


Examine the Fan Blade
Figure 605 (Sheet 2 of 3)/72-21-02-990-802-F00

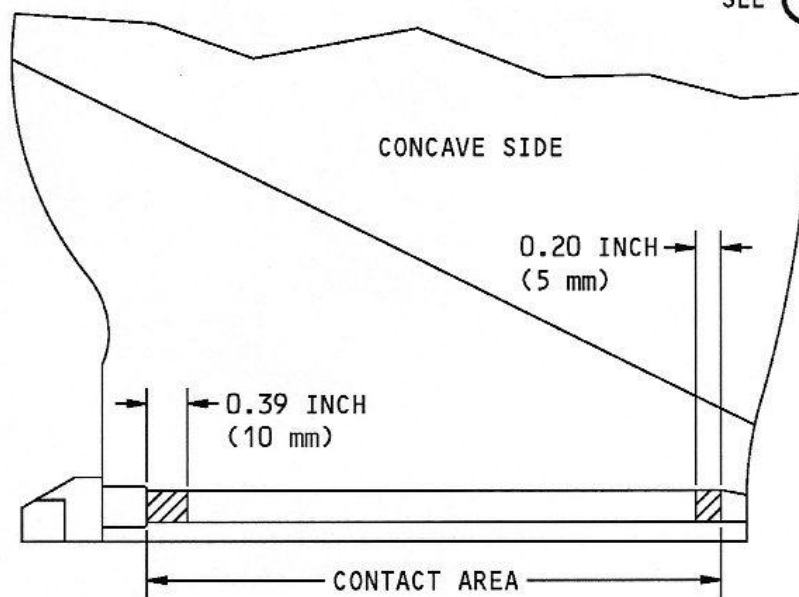


MM-00248-00

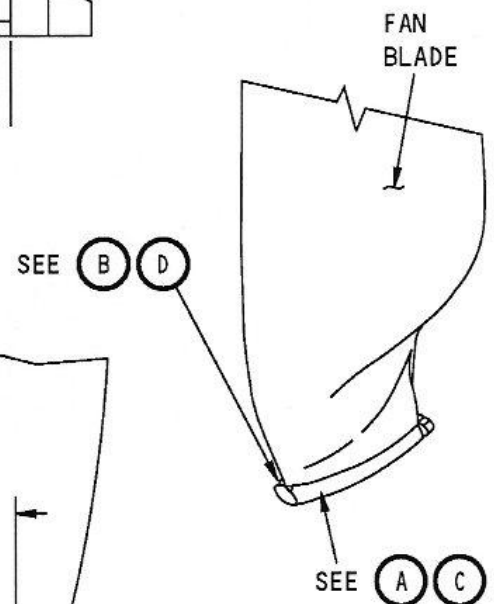
Coating/Contact Area on the Fan Blade Pressure Faces
Figure 607/72-21-02-990-803-F00




(A)



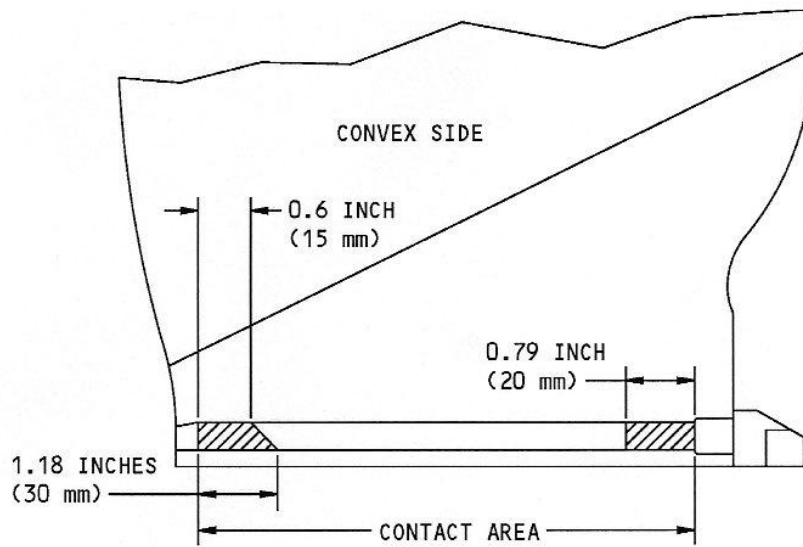
(B)



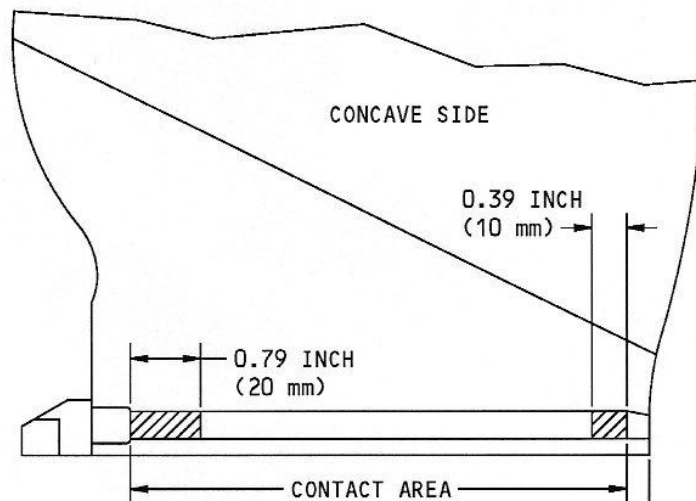
LEGEND:

 AREA [X]

Examine the Coating on the Fan Blade Pressure Faces
Figure 608 (Sheet 1 of 2)/72-21-02-990-804-F00



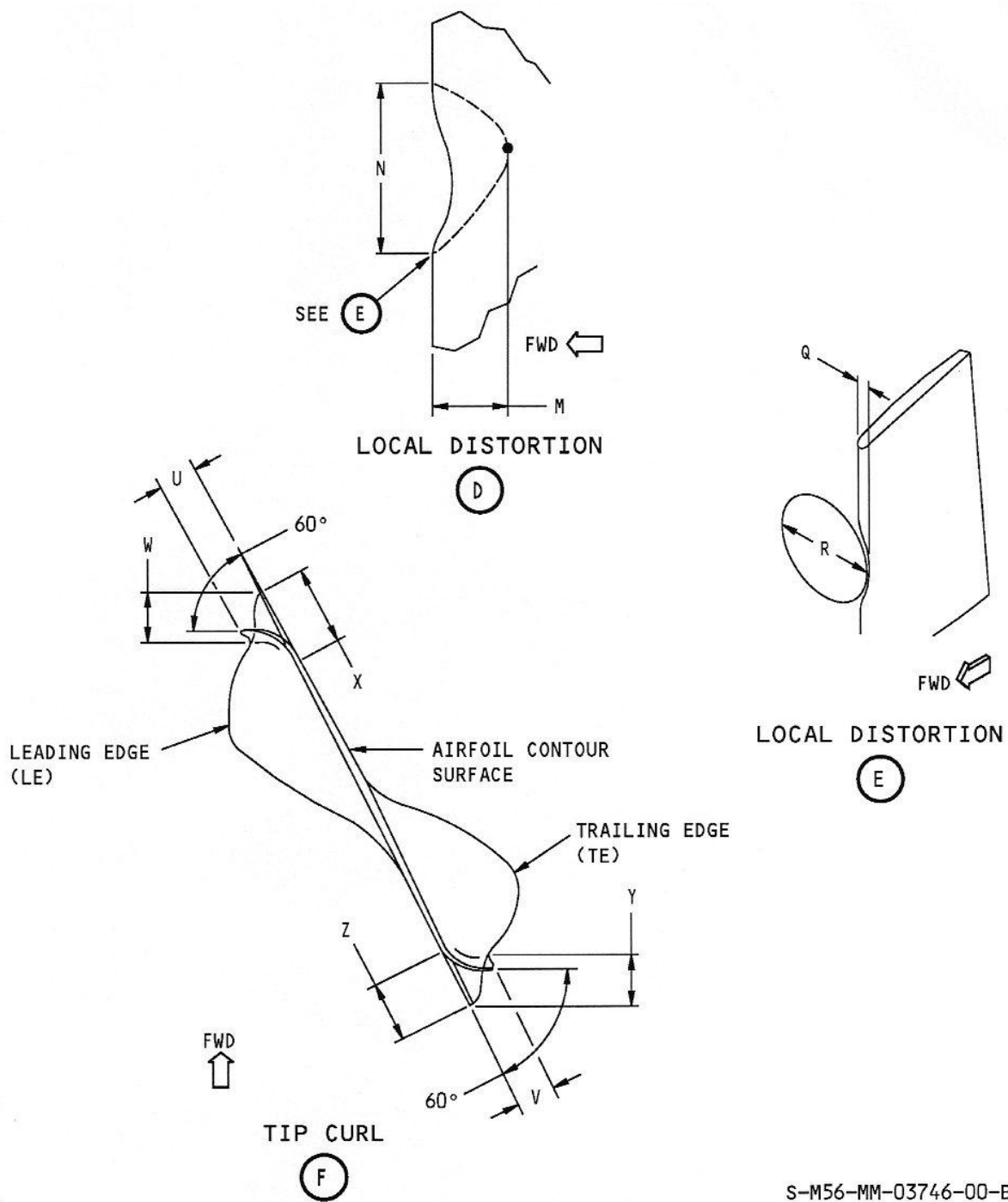
(C)



(D)

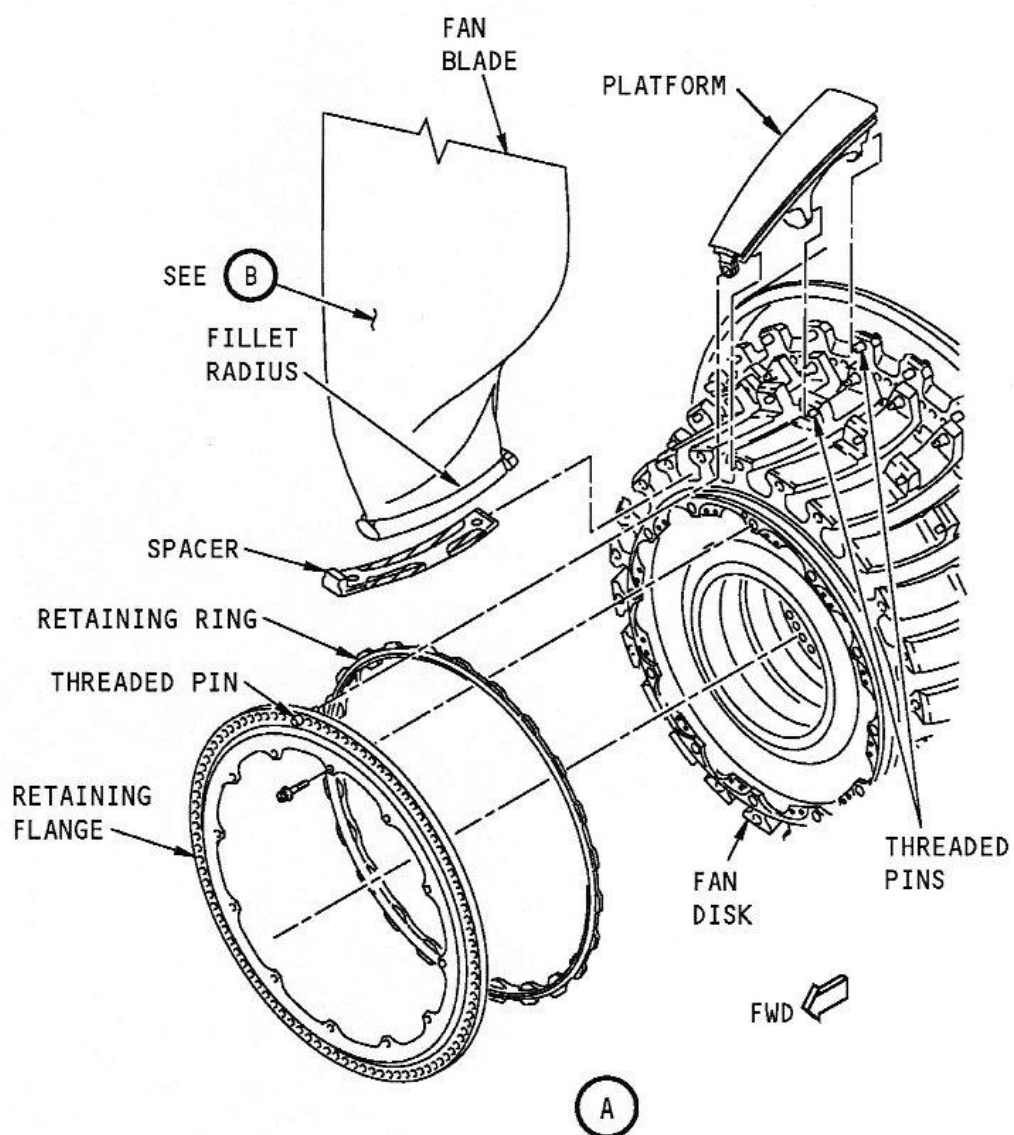
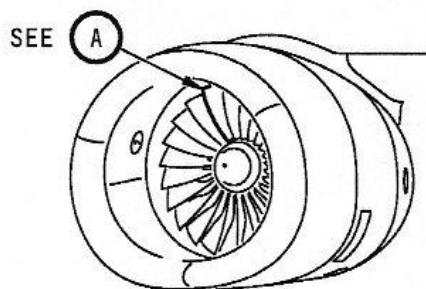
LEGEND:
 AREA [Y]

Examine the Coating on the Fan Blade Pressure Faces
Figure 608 (Sheet 2 of 2)/72-21-02-990-804-F00



Examine the Fan Blade
Figure 605 (Sheet 3 of 3)/72-21-02-990-802-F00

S-M56-MM-03746-00-B



Examine the Fan Blade
Figure 605 (Sheet 1 of 3)/72-21-02-990-802-F00